

PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES BAGAZO DE CAÑA Y SALVADO DE MAÍZ PARA LA  
PRODUCCIÓN DE HONGO ORELLANA (*PLEUROTUS OSTREATUS*), UTILIZANDO  
SIMULADOR DE PROCESOS COCO Y COMO HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN  
DISTRIBUCIÓN DE PROCESOS.

EDDIE ALONSO CABRERA VASQUEZ.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES  
POLÍTICA PÚBLICA EN EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE  
RESIDUOS AGROALIMENTARIOS  
FLORENCIA CAQUETA

2021

PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES BAGAZO DE CAÑA Y SALVADO DE MAÍZ PARA LA  
PRODUCCIÓN DE HONGO ORELLANA (*PLEUROTUS OSTREATUS*), UTILIZANDO  
SIMULADOR DE PROCESOS COCO Y COMO HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN  
DISTRIBUCIÓN DE PROCESOS.

EDDIE ALONSO CABRERA VASQUEZ.

INFORME FINAL PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES.

ANDREA VÁSQUEZ GARCÍA  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL  
MAGÍSTER Y DOCTORA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES  
POLÍTICA PÚBLICA EN EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE  
RESIDUOS AGROALIMENTARIOS  
FLORENCIA CAQUETA 2021

**Nota de aceptación.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado.**

Florencia Caquetá, abril de 2021

## **DECLARACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

El autor de la presente propuesta manifiesta que conoce el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

## **DEDICATORIA.**

A mi esposa Darlyn y mi hijo Eddie Andrés por acompañarme en todo el proceso formativo e intelectual, por ser mi mayor motivación y por creer en mí en todo momento.

A mi Madre Luz Mery Vásquez por regalarme la sabiduría de la paciencia, la dedicación y el esfuerzo para seguir adelante en este proceso de formación, a mi padre Jorge Cabrera por ser ejemplo de compromiso y apoyo incondicional y por brindarme el conocimiento en el desarrollo de innumerables ecuaciones.

A mis hermano Joleca Vásquez por cada una de las palabras de apoyo y por ese orgullo que siente con cada logro obtenido.

A mi directora de grado la Doctora Andrea Vásquez por su paciencia y comprensión en cada una de las actividades realizadas y aún más por compartir su conocimiento para subir un escalón más en mi vida como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios por darme la oportunidad de crecer como profesional, por regalarme una familia que inspira verriquera, pujanza, dedicación y esfuerzo por salir cada día más adelante, por regalarme la salud y cada uno de los días y las noches en las cuales le dedique mi tiempo para sacar adelante este nuevo logro, mil gracias a el por la inspiración al recibir la mención de honor en el transcurso de esta formación.

## **Tabla de contenido**

Resumen .....	8
Abstract.....	9
Introducción .....	10
Objetivos .....	11
Desarrollo de la actividad .....	12
Tipo de residuo agroalimentarios seleccionado. ....	12
Descripción del proceso de transformación. ....	13
Diagrama de flujo del proceso de transformación. ....	13
Diagrama de flujo para la simulación. ....	14
Evaluación de las variables que afectan el proceso. ....	15
Descripción de la metodología para optimizar el proceso. ....	18
Infografía .....	21
Pertinencia y viabilidad del proyecto .....	22
Conclusiones .....	24
Bibliografía .....	25

## RESUMEN.

El objetivo principal de este documento es proponer un proceso biotecnológico para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios como el bagazo de caña y salvado de maíz con el fin de obtener un nuevo producto hongo Orellana (*Pleurotus Ostreatus*) y reducir la contaminación por la mala disposición final que se le hace a estos, teniendo en cuenta cada una de las operaciones unitarias utilizadas en el proceso así como la optimización del mismo mediante la herramienta distribución de procesos. Para esto se realizó una búsqueda en la literatura de los diferentes tipos de residuos agroindustriales óptimos para el crecimiento del hongo así como las diferentes herramientas de optimización la cual brindara una optimización adecuada para el proceso de productividad del *Pleurotus Ostreatus*, como resultado se obtuvo que la herramienta de optimización antes mencionada es la más adecuada ya que con esta se logra diseñar una distribución de las diferentes áreas de trabajo así como las distancias y recorridos que emplearan los operarios en la manipulación de los materiales y materia prima, logrando así calcular la medida de efectividad de las operaciones, de igual manera se logró establecer cada una de las operaciones implicadas en el proceso, por tal razón se logra concluir que mediante un diseño biotecnológico debidamente optimizado se logra aumentar la productividad del *Pleurotus Ostreatus*.

**Palabras claves:** Residuos agroalimentarios, hongo Orellana, proceso biotecnológico.



## ABSTRACT.

The main objective of this document is to propose a biotechnological process for the use of agri-food waste such as sugarcane bagasse and corn bran in order to obtain a new product Orellana fungus (*Pleurotus Ostreatus*) and reduce contamination due to poor final disposal that It is done to these, taking into account each of the unit operations used in the process as well as its optimization through the process distribution tool. For this, a search was carried out in the literature of the different types of optimal agroindustrial residues for the growth of the fungus as well as the different optimization tools which will provide an adequate optimization for the productivity process of the *Pleurotus Ostreatus*, as a result it was obtained that the The aforementioned optimization tool is the most appropriate since with this it is possible to design a distribution of the different work areas as well as the distances and routes that the operators will use in the handling of materials and raw materials, thus managing to calculate the measure of effectiveness of the operations, in the same way it was possible to establish each one of the operations involved in the process, for this reason it is possible to conclude that through a properly optimized biotechnological design it is possible to increase the productivity of the *Pleurotus Ostreatus*.

**Keywords:** Agri-food waste, Orellana fungus, biotechnological process.

## INTRODUCCIÓN

Con el fin de disminuir la contaminación generada por la industria de alimentos la biotecnología es una de las herramientas que está evolucionando el mundo para el aprovechamiento de estos residuos en diferentes productos. El cultivo de hongos es una alternativa para el aprovechamiento de los residuos ya que esta es una fuente económica de obtención de alimento ricos en proteínas y su producción no necesita el uso de tecnologías costosas, además su producción se realiza en periodos de tiempo corto y en áreas reducidas lo cual lo hace una opción viable para su explotación y conversión de estos residuos en abono orgánico, por su alto contenido en nitrógeno, fósforo y potasio (García-Oduardo et al., 2011).

La industria está en una constante búsqueda de la mejora continua de sus procesos por eso la optimización de los procesos es una solución la cual beneficia de manera constate al rendimiento y la productividad de la misma, según Navarro C. et, al., 2016 En la actualidad, se requiere ser cada día más competitivos mediante la optimización de los procesos, esto implica mejorar la utilización y asignación de los recursos que intervienen en la producción; la competitividad es definida por la industria en general de distintas formas, una de ellas es la capacidad que tiene una empresa para producir sus productos, usando los recursos eficientemente, de tal manera que le permita ser más competitiva; ya que al optimizar la capacidad de producción se puede hacer más, empleando los mismos recursos (Labarca N., 2007). Todo esto se da gracias a los avances tecnológicos, las empresas ahora pueden desarrollar de mejor manera sus procesos y eliminar pasos improductivos maximizando recursos para así obtener ventaja competitiva frente a la competencia.

La optimización de los procesos ayuda a generar una eficiencia en las empresas así como el rendimiento de la misma todo esto gracias a que se logra eliminar, cambiar y mejorar los procesos de la misma, presentando una reestructuración de funciones. Esto lleva al cambio y a la mejora de las actividades como por ejemplo disminución de tiempos de procesos, el control de producción, control de inventarios, costos de producción entre otros (Granizo C. 2018)

El objetivo de este documento es proponer un proceso biotecnológico para el aprovechamiento de residuos agroindustriales identificando las diferentes operaciones unitarias involucradas el proceso; así como la utilización de la herramienta distribución de procesos para la optimización de la productividad de *Pleurotus Ostreatus* en residuos agroalimentarios de bagazo de caña y salvado de maíz.

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo general.**

Proponer un proyecto biotecnológico para el aprovechamiento de residuos agroindustriales bagazo de caña y salvado de maíz para la producción de Hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*), mediante el uso de software de simulación estacionaria COCO y la herramienta de optimización distribución de procesos

### **Objetivos específicos.**

Realizar la simulación del proceso de obtención de *Pleurotus ostreatus* a partir de residuos agroindustriales bagazo de caña y salvado de maíz con el simulador de procesos industriales COCO.

Emplear la herramienta distribución de procesos como instrumento para la optimización del proceso de productividad del hongo Orellana a partir de residuos agroindustriales bagazo de caña y salvado de maíz.

## 1. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.

### 1.1 Tipo de residuo agroalimentarios seleccionado.

Teniendo en cuenta los procesos biotecnológicos que se adelantan a nivel mundial para el aprovechamiento de residuos agroindustriales producidos por la industria alimentaria principalmente con el fin de disminuir la contaminación y aprovechar estos residuos para la obtención de productos, en Colombia se viene adelantado procesos biotecnológicos para la producción del hongo Orellana (*pleurotus ostreatus*), el cual convierte los desechos agrícolas en alimentos, gracias a su capacidad de sintetiza gran variedad de compuestos bioactivos, principalmente: polisacáridos (alfa y beta-glucanos) (Palacios et al., 2012, citado por Duarte, A. S et. al, 2019), proteínas (lectinas y lacasas) (El-fakharany et al., 2010; Gao et al., 2013, citado por Duarte, A. S et. al, 2019), glicoproteínas (ubiquitina)(Wang y Ng, 2000), policétidos (lovastatina) (Chen et al., 2012 citado por Duarte, A. S et. al, 2019) y polifenoles (primordialmente flavonoides) (Unekwu et al., 2014 citado por Duarte, A. S et. al, 2019).

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE en Colombia se producen alrededor de 17.281.469 toneladas de residuos agroalimentarios los cuales lo hacen un potencial para el aprovechamiento, así mismo en Nariño la industria productora de fibras naturales a partir del cultivo de fique (*Furcraea macrophylla*), se aprovecha tan solo el 4 % de fibras largas, mientras que el 96 % son residuos, de los cuales aproximadamente 40.000 t/año se generan en este departamento como residuos sólidos (bagazo) (Cadefique, 2006, citado por Benavides, O. et. Al, 2015. ) y en el proceso de extracción de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*) se obtiene un desecho denominado raquis correspondiente al 26 % de la tusa vacía del fruto, cuya disposición se hace en el suelo de las plantaciones de palma, sin embargo puede originar la inmovilización de nutrientes, anaerobiosis, atracción de roedores e insectos, además de la producción de lixiviados, cuando su manejo es directo (Torres, Acosta y Chinchilla, 2004, citado por Benavides, O. et. Al, 2015.). Por otro lado, el cultivo de cereales como la avena (*Avena sativa*), con fines de alimentación animal es una alternativa que se ha incrementado en los últimos años en Colombia (Rodríguez y Sana, 2007, citado por Benavides, O. et. al, 2015), generándose alrededor del 70 % de biomasa residual (granza), lo cual es importante, dado que los restos de cereales como sustrato único o en mezcla con otros materiales, son ideales para la producción de hongos comestibles (Varnero et al. 2010, citado por Benavides, O. et. al, 2015).

Por lo tanto, el cultivo de hongos comestibles sobre residuos sólidos agroindustriales, es una alternativa de descontaminación ambiental, pero también es una opción biotecnológica para la producción de numerosos compuestos bioactivos, más aún cuando existe influencia de la composición del sustrato, sobre las características nutraceuticas de los hongos que crecen en él (Nieto y Chegwin, 2010, citado por Benavides, O. et. al, 2015). Por otro lado

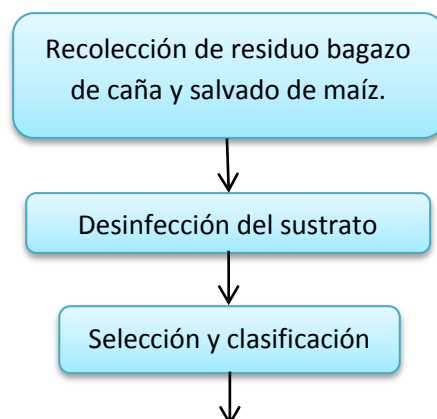
la producción de este hongo es una fuente económica de complemento alimenticio por su valor nutricional, ya que contiene entre 57% y 61% de carbohidratos, 26% de proteína, 11,9% de fibra y 0,9% a 1,8% de grasas con base a su peso seco, además posee vitaminas como la niacina, tiamina (B1), vitamina B12, vitamina C o ácido ascórbico y se le han detectado minerales como potasio, fósforo y calcio (Barros et al., 2008; Guillamónet al., 2010, citado por Rivera, R. *et. al*, 2013) estos cultivos son generadas en periodos de tiempo corto y a bajos costos lo cual lo hace un negocio rentable en países en desarrollo como Colombia ya que no necesitan una tecnología compleja por el contrario la producción de estos es sencilla, haciendo de esta tecnología una estrategia agrícola para la seguridad alimentaria en poblaciones donde por cuestiones climáticas y demográficas el alimento es escaso, encontrando en este hongo una fuente incalculable de carbohidratos y proteína.

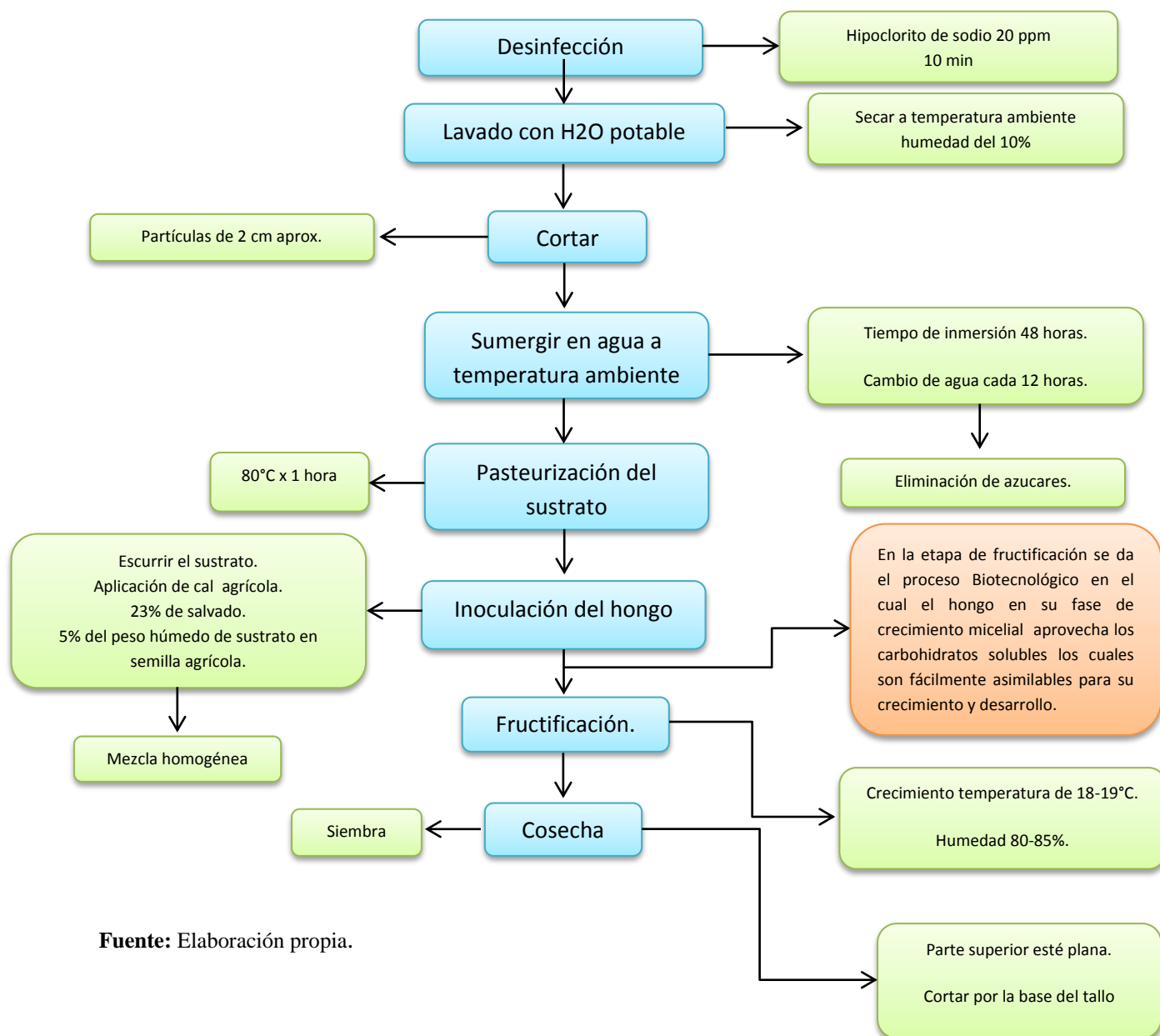
### 1.2 Descripción del proceso de transformación:

Como primera medida se debe ubicar los residuos agroalimentarios con los cuales se elabora el sustrato los cuales son bagazo de caña y salvado de maíz, una vez recolectado el sustrato este deberá ser seleccionado y clasificado así como desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio a 20ppm por un tiempo estimado de 10 min todo esto con el fin de eliminar microorganismos indeseables, los cuales puedan afectar el crecimiento del hongo, seguidamente se realiza un lavado con agua potable para eliminar impurezas y residuos de hipoclorito, se procede a cortar los residuos con el fin de reducir los residuos grandes en partículas aproximadas de 2 cm esto para aumentar el contacto con los hongos y así tener mayor productividad, se realiza la preparación del sustrato mezclando homogéneamente los materiales este debe quedar con un 7% de humedad aproximadamente, dicha humedad se puede realizar o establecer mediante la prueba del puño, este se lleva a una pasteurización con una temperatura de 80°C x 1 hora aproximadamente, se deja escurrir el sustrato y se procede a realizar la inoculación la cual consiste en sembrar la semilla del hongo, una vez realizados todos estos procesos se da la fructificación y posterior a esto la cosecha.

### 1.3 Diagrama de flujo del proceso de transformación:

**Diagrama 1.** Diagrama de flujo producción de hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*)



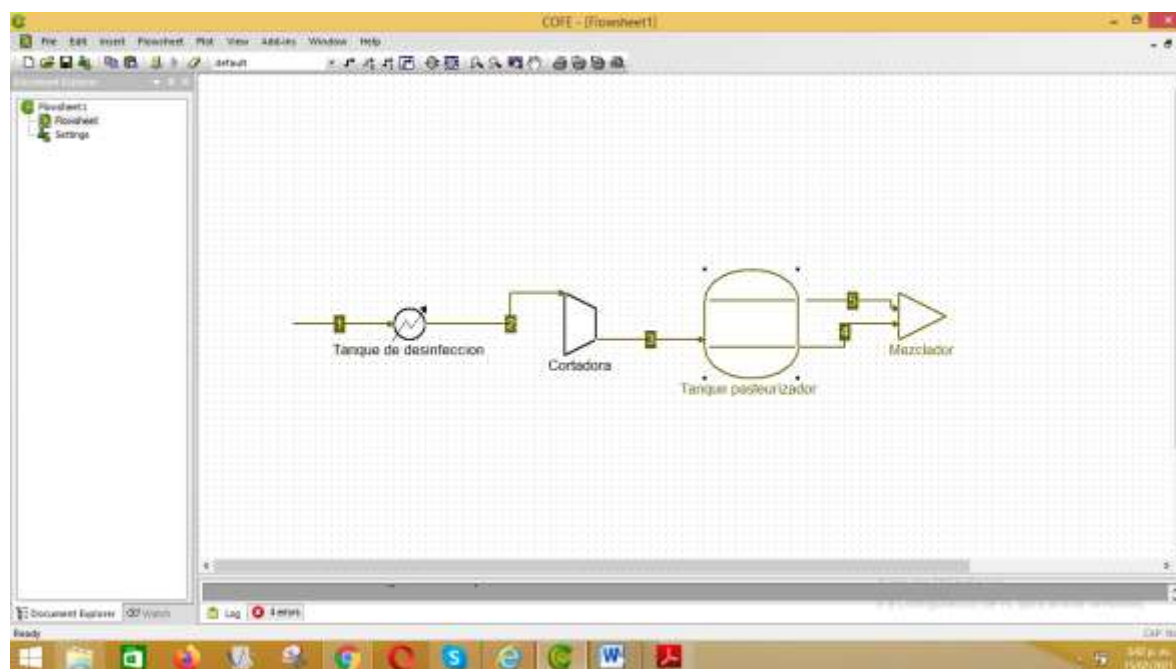


**Fuente:** Elaboración propia.

#### 1.4 Diagrama de flujo para la simulación:

Para la simulación del proceso de obtención del hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*), se utiliza el simulador COCO como se muestra en la figura 1, donde se utilizaron 4 equipos entre los cuales una tanque para la desinfección de los residuos agroalimentarios utilizados, que para este caso fueron bagazo de caña de azúcar y salvado de maíz, una cortadora con el fin de reducir el tamaño de los residuos, un pasteurizador con el objetivo de eliminar microorganismos que puedan afectar el cultivo (Cardona, 2005), y una mezclador para homogenizar todos los compuestos utilizados y así permitir el crecimiento y desarrollo más eficiente del hongo.

**Figura 1.** Simulación del proceso de obtención del hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*)



**Fuente:** elaboración propia.

### 1.5 Evaluación de las variables que afectan el proceso:

Con la ayuda del simulador COCO se realiza la simulación de obtención del hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*); teniendo en cuenta sus variables podemos decir que en la entrada 1 del proceso esta tiene una presión de 1 Pa, una temperatura de 70K, una fracción molar del agua y del etanol de 0,5 para cada uno de los compuestos y un flujo de 100 m/s, teniendo en cuenta los demás flujos se logra evidenciar que hubo una variación de temperatura de 0,01K con relación entrada versus salida de los compuestos, así mismo se logra verificar en la figura 2 que la simulación está resuelta de manera satisfactoria pero con algunas limitaciones en los dos equipos, esto se puede deber a la configuración de los mismo o a los datos suministrados.

Para una mayor claridad del proceso en la imagen 1 se muestran el tipo de flujo predeterminado, en la imagen 2 y 3 los balances de los procesos en los equipos 1 y 2 los cuales nos muestran la diferencia de entalpía y entropía de los diferentes compuestos utilizados

## Imagen 1. Flujo predeterminado.

Flowsheet report for "ejercicio EDDIE":

---

----- flowsheet document -----

Created                      feb. 20, 2021  
 Report                        feb. 22, 2021  
 Status                        Solved

---

----- stream type default -----

Property package            Produccion del Hongo Orellana (Pleurotus Ostreatus)  
 Phases                       Vapor, Liquid  
 Compounds                  Water, Ethanol

Stream table:

Stream	1	2	3	
From	<FEED>	HeaterCooler_3	Turbine_18	
To	HeaterCooler_3	Turbine_18	<PRODUCT>	
Temperature	70	69.9999	69.9998	K
Pressure	1	1	1	Pa
Mole frac Water	0.5	0.5	0.5	
Mole frac Ethanol	0.5	0.5	0.5	
Flow rate	100	100	100	mol / s

Fuente: elaboración propia

## Imagen 2. Balances del proceso del equipo 1.

Balances:

	Mass kg/s	Enthalpy W	EnthalpyF W	Entropy W/K
1	3.20419	-6.47669e+06	-3.03149e+07	-24062.9
2	-3.20419	6.47669e+06	3.03149e+07	24062.9
Total In	3.20419	-6.47669e+06	-3.03149e+07	-24062.9
Total Out	3.20419	-6.47669e+06	-3.03149e+07	-24062.9
Net Gain	0	-0.593662	-0.593662	-0.00623758
Rel Gain	0	9.16613e-08	1.95932e-08	2.5922e-07

	EntropyF W/K	Water mol/s	Ethanol mol/s
1	-594.741	50	50
2	594.748	-50	-50
Total In	-594.741	50	50
Total Out	-594.748	50	50
Net Gain	-0.00623758	0	0
Rel Gain	1.04079e-05	0	0

Fuente: elaboración propia



**Imagen 3.** Balances del equipo 2.

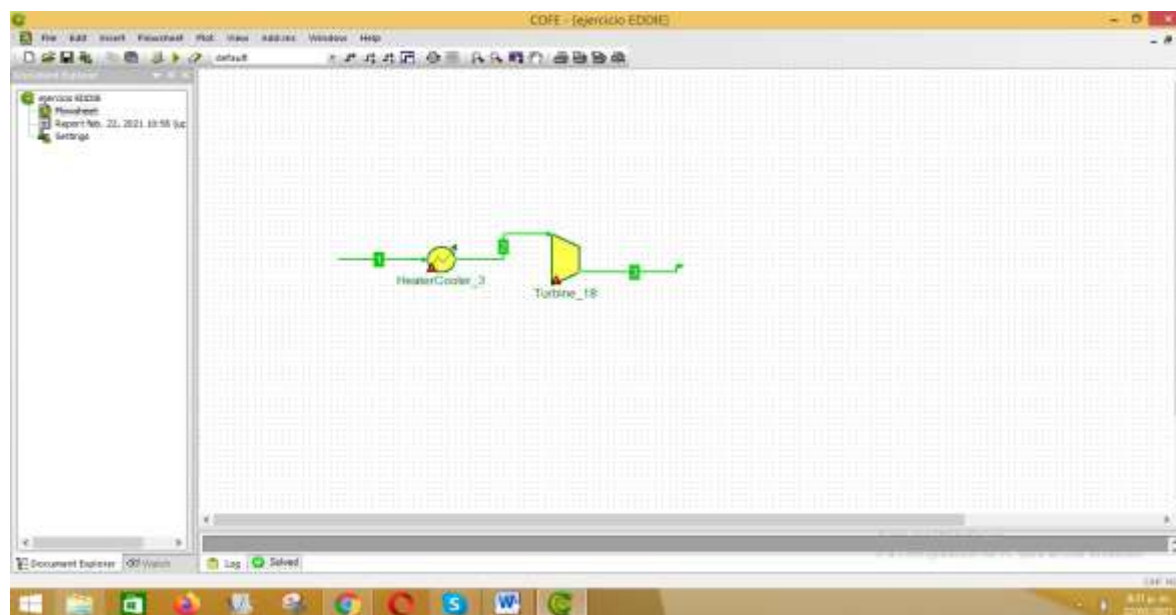
	Mass kg/s	Enthalpy W	EnthalpyF W	Entropy W/K
2	3.20419	-6.47669e+06	-3.03149e+07	-24062.9
3	-3.20419	6.47669e+06	3.03149e+07	24063
Total In	3.20419	-6.47669e+06	-3.03149e+07	-24062.9
Total Out	3.20419	-6.47669e+06	-3.03149e+07	-24063
Net Gain	0	-1.95161	-1.95161	-0.0205055
Rel.Gain	0	3.01328e-07	6.4378e-08	8.52162e-07

	EntropyF W/K	Water mol/s	Ethanol mol/s
2	-594.748	50	50
3	594.768	-50	-50
Total In	-594.748	50	50
Total Out	-594.768	50	50
Net Gain	-0.0205055	0	0
Rel.Gain	3.44777e-05	0	0

Fuente: elaboración propia

**Figura 2.** Obtención del hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*), mediante simulación en COCO.



Fuente: elaboración propia.

## **1.6 Descripción de la metodología para optimizar el proceso:**

Optimización de la productividad del hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos agrícolas bagazo de caña y salvado de maíz mediante la herramienta Distribución de procesos.

**Variables a optimizar:** Tiempo de elaboración del sustrato, temperatura y humedad del medio.

**Para qué?:** Para incrementar la optimización del crecimiento micelar y garantizar la productividad del *pleurotus ostreatus*.

### **Rangos aproximados de estudio:**

Tiempo de elaboración de sustrato: Capacidad de producción en condiciones normales.

Temperatura 11-14°C

Humedad: 70-75% en producción.

**Factores que afectan el comportamiento de las variables objeto de estudio:** Capacitación inadecuada de los operarios, temperaturas excesivas y humedad no controlada.

Con el fin de optimizar la productividad de *Pleurotus ostreatus* se debe tener claro un manual de procedimientos donde se especifique cada una de las funciones del personal y tiempos estimados para cada una de las etapas, se deben realizar capacitaciones constantes al personal en Buenas Prácticas de Manufactura, a fin de garantizar unas correctas actividades como son selección, clasificación, desinfección del residuo agroalimentario, preparación del sustrato, incubación y siembra del hongo así como la disminución en el tiempo de preparación esto con el fin de evitar contaminación por microorganismos no deseables que puedan afectar el crecimiento del hongo, contar con equipos de medición de humedad y temperatura evitando la entrada constante de personal al área de producción.

Paso a paso del uso de la herramienta de optimización distribución de procesos:

**Paso 1.** Identificación de las diferentes áreas: área de almacenamiento de residuos agroalimentarios a utilizar, área de selección y clasificación, área de limpieza y desinfección del residuo, área de secado, área de corte, área de inoculación del hongo, área de fructificación y por ultimo área de poscosecha y adecuación del fruto.

**Paso 2.** Delimitar o identificar las distancias y/o recorridos: con el fin de garantizar un proceso secuencial las diferentes áreas descritas en el paso 1 deben estar ubicadas de manera lógica al proceso de producción a una distancia la cual garantice el menor recorrido

con fin de minimizar los tiempos de elaboración del sustrato y siembra del cultivo, garantizando una efectividad en el proceso de producción.

**Paso 3.** Preparación del sustrato: con el fin de evitar contaminación del material, el área de preparación de sustrato debe estar debidamente separada y señalizada con las diferentes alusiones a las BPM, este proceso se debe realizar en los tiempos estipulados en el manual de procedimientos a fin de garantizar un sustrato debidamente nutrido para el crecimiento del hongo.

**Paso 4.** Preparación del inóculo: proceso en el cual el tiempo es fundamental ya que este es la etapa donde se prepara la semilla a cultivar, se hidrata y se ajusta el pH deseado.

**Paso 5.** Incubación y fructificación: Teniendo un área definida se debe tener control sobre las variables de producción como son: temperatura, humedad relativa, ventilación y luz, el sustrato ya inoculado se colocan en las áreas definidas para este fin donde iniciara el proceso de desarrollo vegetativo. Las variables mencionadas se llevaran con los diferentes dispositivos de medición en tiempos determinados con el fin de evaluar constantemente el ambiente del crecimiento del cultivo.

**Paso 6.** Cosecha: Una vez se dé la fructificación adecuada o crecimiento óptimo, se procede a su cosecha la cual deberá estar en un área diseñada para tal fin, con control de tiempos y recorridos los cuales garantizan una optimización en el proceso de cosecha y garantizan un producto de calidad.

Una vez implementada la herramienta de optimización se logró tener como resultado que la disminución en el tiempo de elaboración del sustrato es una fase indispensable ya que este es uno de los pasos más demorados en el proceso de productividad del hongo, por ende a menor tiempo de preparación mayor el rendimiento de producción del sustrato; con relación a la temperatura se logra identificar que la ideal para el crecimiento según Benavides O, 2013 es entre 15 y 22°C, y su humedad relativa entre el 85 y 95%; se logra concluir que con la implementación de la herramienta de optimización se puede controlar y estandarizar las variables antes mencionadas y obtener una mayor Eficiencia biológica en la producción del Hongo Orellana.

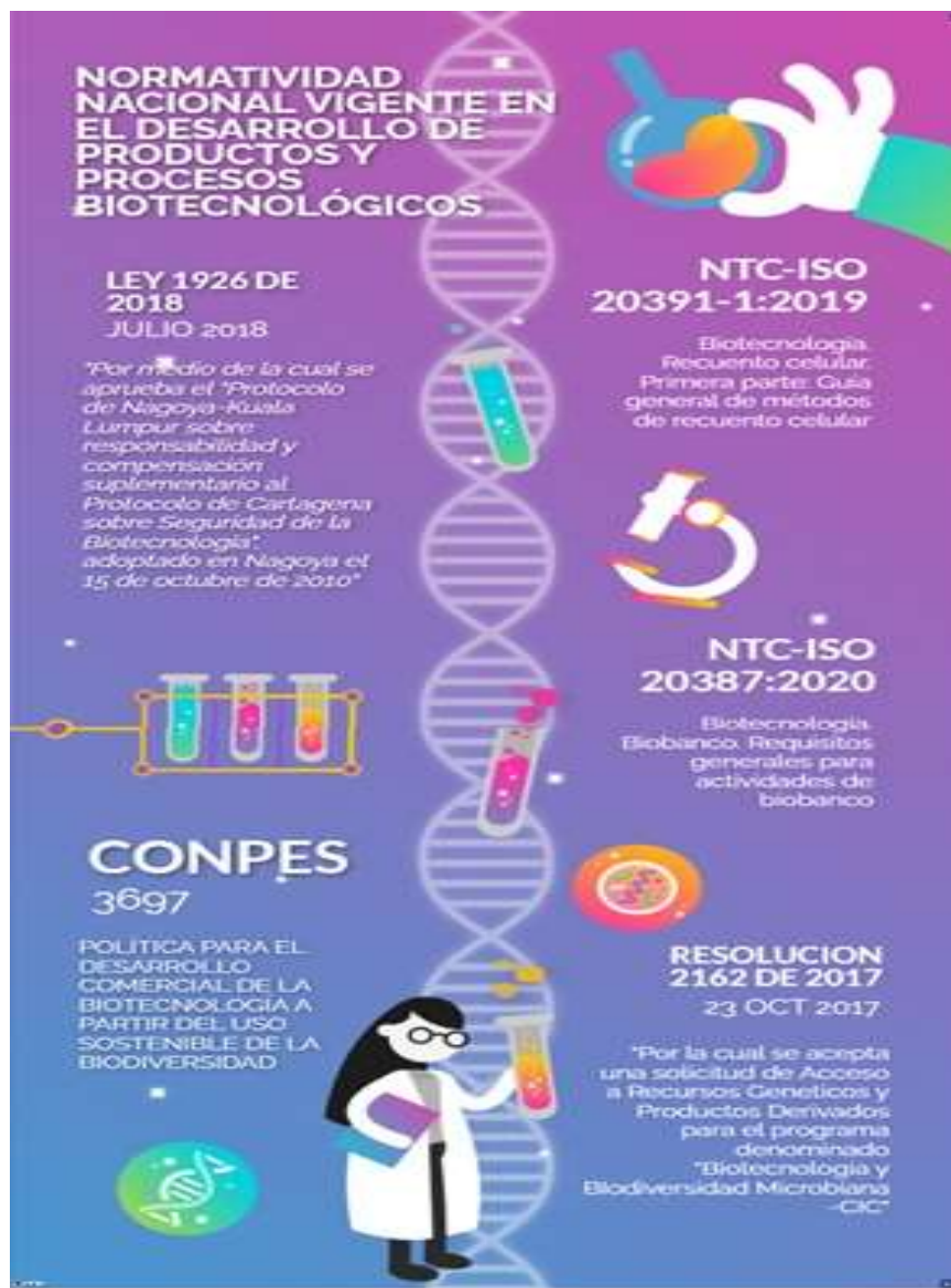
Según Kumari y Achal 2008 la paja de trigo es el mejor sustrato por su disponibilidad y economía Salmenes et al. 2005 asegura que la Eficiencia Biológica (EB) es del 30.5% mientras que Lechner y Albertó 2011 aseguran que es del 161.7% de EB, aun con estos estudios y gracias al aprovechamiento de los residuos antes mencionados su demanda aumentado considerablemente llevando al uso de otro tipo de residuos lignocelulosicos sin mucho valor comercial este es el caso del bagazo de caña, la cual según Moda et, al., 2005 se logra obtener 13.9- 19.2 de eficiencia biológica en condiciones de crecimiento controlados y aplicando procesos de crecimiento optimo, la varias objeto del estudio

garantizan una optimización de producción del hongo, garantizando una eficiencia biológica la cual es medida en Kg de hongo producido por Kg de sustrato consumido.

## 2. INFOGRAFÍA.

Mediante el desarrollo investigativo se logró realizar una infografía relacionada con la normatividad vigente para el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.

**Imagen 4.** Infografía normatividad vigente para el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.



### 3. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

Colombia con relación a otros países como China, Japón, España, México entre otros no cuenta con una demanda y oferta de hongos comestibles, ya que estos países son líderes en la producción e investigación de nuevos hongos, el consumo y el conocimiento de setas como la Orellana es más amplio, el consumidor conoce sobre los beneficios para la salud y su variedad gastronómica que puede ofrecer (Mora Amado & Higuera Castro, 2017); tanto así que el crecimiento porcentual de la producción mundial de los hongos comestibles ha sido en promedio mayor al 200% en las últimas tres décadas, siendo el de mayor crecimiento el de *Pleurotus* sp. Este mayor crecimiento se debe al valor nutricional del hongo, sus características organolépticas y la fácil disponibilidad de materiales utilizados para el sustrato (Rivera, Martínez, & Morales, 2013).

El cultivo de Orellana en Colombia se hace de manera artesanal a escala muy pequeña y con muy poco desarrollo tecnológico esto debido a los requerimientos y la fácil reproducción y cultivo del mismo. En el año 2010 en Colombia se empezó a incrementar el cultivo de hongos comestibles y uno de los hongos que más auge ha tenido es la Orellana, ya que su forma de propagación es más sencilla con respecto por ejemplo al champiñón lo cual requiere de poca Inversión en su fase de inicio. El hongo más conocido y consumido son los champiñones y recientemente el portobello y crimini, que tienen una forma de cultivo similar entre ellos y aunque al igual que las Orellanas poseen beneficios para la salud, las Orellanas pueden aportar nuevos sabores y formas de preparación para la gastronomía (Fernández Uribe, 2014).

Las Orellanas son un hongo comestible gastronómicamente de primera calidad, puesto a que alrededor del mundo son apreciadas tanto por su sabor como por sus beneficios sobre la salud y se consideran parte esencial de una dieta diaria por sus propiedades nutricionales como por ejemplo su alto contenido de aminoácidos esenciales. Estos hongos ayudan a combatir las patologías, contribuyendo a la restauración del bienestar y el equilibrio natural, lo que genera el correcto funcionamiento del sistema inmune y eliminar agentes externos que quebranten la salud; por esto se puede decir que los hongos se sitúan en los alimentos prebióticos (Mora Amado & Higuera Castro, 2017). Por otro lado, los productos sustitutos de los hongos comestibles orellanas, se clasifican en alimentos que tengan las propiedades saludables y nutricionales que benefician al consumidor; dado lo anterior, hay que señalar que en el mercado son pocos los productos con estas características, por lo cual la competencia y productos sustitutos son mínimos.

Teniendo en cuenta lo anterior el proyecto de productividad del hongo Orellana (*Pleurotus Ostreatus*) es una propuesta de valor de fácil implementación, de bajos costos de producción y buenas ganancias para su cosecha ya que el producto es una fuente extensa de vitaminas y aminoácidos, además aporta beneficios nutricionales, así mismo, en el proceso de cultivo trae beneficios al medio ambiente y no genera impactos negativos, por el

contrario es una fuente de beneficios para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales producidos por la industria de alimentos; también cabe señalar, que es un alimento rico en proteínas, su demanda está en aumento, por lo cual el beneficio se extiende también a los productos, debido a que es considerado un potencial de desarrollo y fuente de empleo para muchas familias de las zonas rurales haciendo que con la producción de este hongo se garantice la Seguridad Alimentaria de las familias que lo quieran producir; en ese orden de ideas, la producción de hongo Orellana es una fuente de ingresos económicos y de fácil implementación el cual mediante el aprovechamiento de los residuos agroalimentarios se podrá dar uso adecuado y disposición final acorde a estos realizando aprovechamientos y generando valor agregado para la obtención de otros productos como son los hongos y el abono producido por el sustrato lo cuales una fuente rica en nitrógeno.

**Vinculo presentación del proyecto.**

<https://youtu.be/e2DJ9jpXzIs>

#### 4. CONCLUSIONES.

Se logra determinar la importancia que tienen los residuos agroalimentarios en la industria de alimentos como fuente de obtención de nuevos productos, los cuales mediante la utilización de la biotecnología se logra reducir significativamente la contaminación ambiental producida por el bagazo de caña los cuales mediante la quema o la mala disposición final contaminan el medio ambiente, estos residuos se logran aprovechar mediante la producción del hongo Orellana el cual aprovecha los carbohidratos solubles presentes en el bagazo y los asimilables fácilmente para su crecimiento y desarrollo; lo cual lo hace un alimento rico en proteínas de alta calidad. De igual manera mediante la simulación de proceso en simulador COCO se logra establecer que las variables más influyentes para este proceso de obtención del hongo son su humedad relativa y temperatura las cuales deben ser ideales para generar un alimento de calidad.

Mediante el aprovechamiento de residuos agroalimentarios para la producción del Hongo Orellana se logra evidenciar que mediante el proceso de optimización de Distribución de procesos, tiempo y exposición de los medios con los operarios o el medio ambiente en condiciones no aptas para el crecimiento del hongo este se logra producir de una manera más rentable en cuanto a su Eficiencia Biológica, es así que las variables objeto de estudio como fueron temperatura y humedad del medio son las más importantes para que el crecimiento micelar se dé de manera adecuada garantizando así la producción del *Pleurotus ostreatus*.



## 5. BIBLIOGRAFÍA.

Benavides C. O.L., Cabrera H. E. V., Villota M. A. O, Perdomo D.A. Ácidos grasos del hongo funcional *pleurotus ostreatus* cultivado en residuos sólidos agroindustriales.

Recuperado desde: <file:///E:/rec%20junio%202016/Downloads/Dialnet-AcidosGrasosDelHon>

Contreras S. A., DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN EN EL SECTOR DE ALIMENTOS. Universidad ICESI, Santiago de Cali. 2014. Recuperado desde: [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/77473/1/contreras\\_sector\\_alimentos\\_2014.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/77473/1/contreras_sector_alimentos_2014.pdf)

Duarte t. A. S., Jiménez F. J. A., Pineda I. J., González T. C. A., García J.M. Extracción de sustancias bioactivas de *Pleurotus ostreatus* (PLEUROTACEAE) por maceración dinámica. Universidad Nacional de Colombia. 2019. Recuperado desde: <file:///E:/rec%20junio%202016/Downloads/DUARTE-TRUJILLO,%202020%20extraccion%20de%20compuestos%20bioactivos.pdf>

García-Oduardo, N.; Bermúdez-Savón, R.C. y Serrano-Alberni, M. (2011). Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. Tecnología Química, XXXI (3), 15-22. Recuperado desde: <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v31n3/rtq02311.pdf>

Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. (2016). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Tercera Edición. Mc Graw Hill. Recuperado desde: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/19271/EDT-Diagrama-de-Pareto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Granizo C. Optimización de los procesos de una empresa comercial caso: bc llantas. 2018. Escuela de administración de Empresas. Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Recuperado desde: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2481/1/76759.pdf>

Labarca N., "Consideraciones teóricas de la competitividad empresarial". 2007. Universidad de Sulia. Venezuela. Recuperado desde: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73713208.pdf>

Navarro C. y Paz I. "Optimización en la capacidad de producción de un horno de curvado continuo, para aumentar la productividad en la empresa agp Perú SAC". Universidad privada del Norte. 2016. Recuperado desde: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10881/T055\\_41053748\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10881/T055_41053748_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rivera O. R. L., Martínez M. C. A., Morales V. S. Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. 2013. Recuperado desde: <file:///E:/rec%20junio%202016/Downloads/RIVERA%20OMEN,%202013%20cascaras%20de%20platano%20y%20papa.pdf>

Vladimir Guerrero lean solutions six sigma. Recuperado desde: <http://leansolutions.co/ques-six-sigma/>